

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-32927

(P2003-32927A)

(43)公開日 平成15年1月31日(2003.1.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デーマコード(参考)
H 02 K 1/27	501	H 02 K 1/27	501A 5H615
			501G 5H621
15/02		15/02	F 5H622
15/03		15/03	Z
21/14		21/14	M

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全6頁)

(21)出願番号 特願2001-219899(P2001-219899)

(22)出願日 平成13年7月19日(2001.7.19)

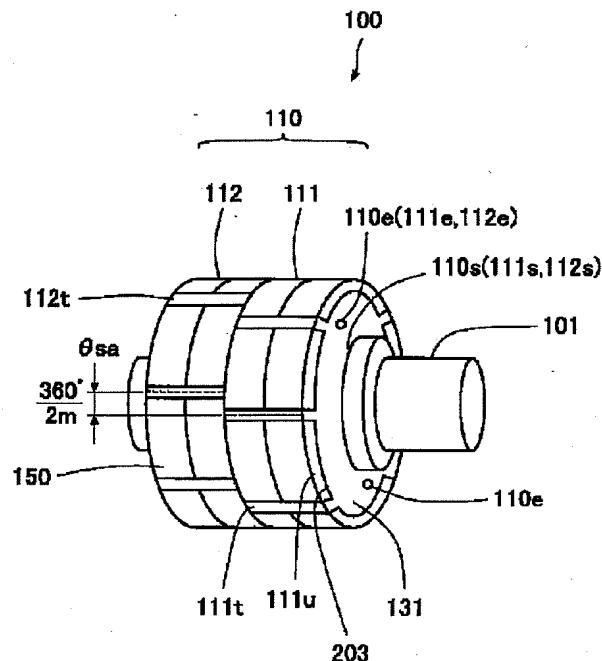
(71)出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
(72)発明者 鈴木 茂夫  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内  
(74)代理人 100102439  
弁理士 宮田 金雄 (外1名)  
Fターム(参考) 5H615 AA01 BB01 BB14 PP01 PP02  
PP13 SS05 SS18 SS19 TT05  
5H621 AA02 GA01 GA04 HH01 JK02  
5H622 AA02 CA02 CA05 CB04 CB06  
PP19 QB03

(54)【発明の名称】 同期電動機及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 固定子を集中巻にして簡単に、コギングトルクを低下させること。

【解決手段】 円筒積層体140の取付け座140uに磁石片150を固定すると共に、第1の孔を有する第1、第2の円筒部材111、112と、第1の円筒部材111の磁化中心と第2の円筒部材112の磁化中心とを階段状にほぼ $360^\circ / (2m)$ ずらすと共に、第1、第2の円筒部材111、112の第1の孔111s、112sに挿入されたシャフト101とを備えたものである。ここに、m:スロットの数と、2倍の磁極の対数との最小公倍数。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】スロットを有すると共に、前記スロットに挿入された集中巻のコイルを有する固定子と、略円形鋼板が積層され、中央に第1の孔を有すると共に、外周に凹形状の取付け座を複数有する円筒積層体と、この円筒積層体の取付け座に磁石片を固定すると共に、前記第1の孔を有する第1、第2の円筒部材と、前記第1、第2の円筒部材の前記第1の孔に挿入されたシャフトとを備え、前記第1の円筒部材の磁化中心と前記第2の円筒部材の磁化中心とを階段状にほぼ $360^\circ / (2m)$  [m:前記スロットの数と、2倍の極対数の最小公倍数] ずらす、ことを特徴とする同期電動機。

【請求項2】切断手段により中央部に中央孔を有する略円形鋼板を切断し、外周に突起部と該突起部間に凹形状の前記取付け座を複数形成し、該突起部からほぼ $360^\circ / (4m)$  角度の位置に複数の基準孔を穿設して前記略円形鋼板を形成する第1の工程と、前記略円形鋼板を複数枚重ね合わせて、前記中央孔により前記第1の孔を設けると共に、前記基準孔により第2の孔を設ける前記円筒積層体を形成する第2の工程と、前記取付け座に前記磁石片を接着剤により貼付して前記第1、第2の円筒部材を形成する第3の工程と、前記第1の円筒部材に対して前記第2の円筒部材を反転させた状態で、前記第1及び前記第2の円筒部材における前記第2の孔とを一致させて、前記第1、第2の円筒部材の第1の孔にシャフトを圧入する第4の工程と、を備えたことを特徴とする請求項1に記載の同期電動機の製造方法。

【請求項3】前記第3の工程では、前記第2の孔に棒状部材を挿入して前記第1、第2の円筒部材に設けられた前記第2の孔どうしを一致させた、ことを特徴とする請求項2に記載の同期電動機の製造方法。

【請求項4】前記第2の孔の代りに、凹凸部を設け、前記第3の工程における前記第1及び前記第2の円筒部材における第2の孔とを一致させる代りに、前記第1の円筒部材に設けられた凹部と前記第2の円筒部材に設けられた凸部とを係合させる、

$$-90^\circ / p_s < \pm \theta_s / p_s < 90^\circ / p_s \quad \dots \quad (1)$$

また、角度 $\theta_s$ は電気角度であるので、極対数 $p_s$ を用いて機械角度 $\theta_{sm}$ に変換する。機械角度 $\theta_{sm}$ は、各円筒部材7のずれの総量となる溝ピッチ $S_p$ と等しく、

$$\theta_{sm} = \theta_s / p_s = S_p = 360^\circ / n_s \quad \dots \quad (4)$$

上記(3)式を(2)式に代入すると、下式となる。

$$-90^\circ / p_s < \pm 360^\circ / n_s < 90^\circ / p_s \quad \dots \quad (5)$$

上記(4)式において、スロット数 $n_s$ は、正数しかあ

ることを特徴とする請求項2に記載の同期電動機の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転子にスキーを有する同期電動機及びその製造方法の改良に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来の同期電動機を実開昭60-181174号公報に開示された図6によって説明する。図6において、同期電動機の回転子3は、シャフト5と、シャフト5が挿入されると共に、幅xに形成された複数の永久磁石が固定された円筒部材7とから成っていて、コギングトルクを抑制するために、円筒部材7の磁化中心7bをずれ量qずつ順次ずらして、ずれの総量を溝ピッチ $S_p$  (スロット間のピッチ) 分ずらして各円筒部材7の側面部7aを互いに密着させている。

【0003】このような同期電動機の回転子3は、各円筒部材7の磁化中心7bをマーキングしておいて、シャフト5を順に各円筒部材7の孔に圧入して、磁化中心7bを所定量qずらすことにより製造されている。このような同期電動機は、固定子巻線のスロット数 $n_s$ が比較的多い分布巻では、有効にコギングトルクを低減できるものである。この理由を以下に示す。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】同期電動機では、固定子と回転子3との電気的位相差 $\Delta\theta_s$  (°) は、脱調等を防ぐために $0^\circ < \Delta\theta_s < 180^\circ$  の関係を有している。一方、円筒部材7の磁化中心7bを上記のように溝ピッチ $S_p$  分として電気角度 $\theta_s$  (°) ずらすこととは、電気角度 $\theta_s$ のスキーを設けることに相当し、しかも、電気的位相差 $\Delta\theta_s$  を電気角度 $\theta_s$  ずらすことには等しいので、下式が成立する。

$$0^\circ < \Delta\theta_s \pm \theta_s < 180^\circ \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\theta_s$  の角度値は、通常、最大トルクを発生するため、 $\Delta\theta_s = 90^\circ$  となっているので、上記(1)式は下式となる。

$$-90^\circ < \pm \theta_s < 90^\circ \quad \dots \quad (2)$$

上記(2)式の両辺を極対数 $p_s$  で除すると下式となる。

$$-90^\circ / p_s < \pm \theta_s / p_s < 90^\circ / p_s \quad \dots \quad (3)$$

溝ピッチ $S_p$  は、スロット数 $n_s$  とすると、 $360^\circ / n_s$  となるので、機械角度 $\theta_{sm}$  は下式となる。

$$\theta_{sm} = \theta_s / p_s = S_p = 360^\circ / n_s \quad \dots \quad (4)$$

り得ないので、下式を得る。

$$-90^\circ / p_s < \pm 360^\circ / n_s < 90^\circ / p_s \quad \dots \quad (5)$$

上記(4)式において、スロット数 $n_s$  は、正数しかあ

$$n_s > 360^\circ / (90^\circ / p_s) = 4 p_s \quad \dots \quad (6)$$

固定子巻線のスロット数 $n_s$  が比較的多い分布巻にする

のであれば、上記(5)式を満たすように製作すること

ができる。すなわち、上記のように円筒部材7の磁化中心7bを順次ずらして、ずれの総量を溝ピッチS<sub>p</sub>分とする回転子3を有する同期電動機を製作することができる。

【0005】しかしながら、同期電動機の構造を簡素にするために、固定子巻線を比較的スロットの少ない集中巻にしようとするとき、前記スロット数n<sub>s</sub>と極対数p<sub>c</sub>との関係式を満たすことができなくなり、コギングトルクが発生するという問題点があった。

【0006】さらに、各円筒部材7の磁化中心7bをマーキングしておいて、シャフト5に順に円筒部材7の孔を圧入して、順次磁化中心7bを所定量qずらしているが、シャフト5を圧入する際に、円筒部材7の磁化中心7bのずれを所定の量に保持したままで、シャフト5を圧入しなければならず、このシャフト5の圧入作業が煩雑で、重ね合わせた円筒部材7を保持する装置などが大型化するという問題点があった。

【0007】本発明は、上記のような各課題を解決するためになされたもので、固定子を集中巻にして簡易に、コギングトルクを低下させることを第1の目的とし、この目的に加えて、簡易に、各円筒部材の磁化中心をずらしてシャフトに圧入することを第2の目的とする同期電動機及びその製造方法を提供するものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段、発明の作用及び効果】第1の発明に係る同期電動機は、スロットを有すると共に、前記スロットに挿入された集中巻のコイルを有する固定子と、略円形鋼板が積層され、中央に第1の孔を有すると共に、外周に凹形状の取付け座を複数有する円筒積層体と、この円筒積層体の取付け座に磁石片を固定すると共に、前記第1の孔を有する第1、第2の円筒部材と、前記第1、第2の円筒部材の前記第1の孔に挿入されたシャフトとを備え、前記第1の円筒部材の磁化中心と前記第2の円筒部材の磁化中心とを階段状にほぼ36°／(2m) [m: 前記スロットの数と、2倍の極対数との最小公倍数] ずらす、ことを特徴とするものである。かかる同期電動機によれば、第1の円筒部材の磁化中心と第2の円筒部材の磁化中心とを階段状にほぼ36°／(2m) ずらしたので、第1の円筒部材から発生する正弦波状の第1のコギングトルク波形と、第2の円筒部材から発生すると共に、第1のコギングトルクから所定の位相ずれた正弦波状の第2のコギングトルクとが打ち消し合うことにより、固定子巻線を比較的スロット数の少ない集中巻にしても、同期電動機の全体で発生するコギングトルクを抑制できるという効果がある。

【0009】第2の発明に係る同期電動機の製造方法は、第1の発明において、切断手段により中央部に中央孔を有する略円形鋼板を切断し、外周に突起部と該突起部間に凹形状の取付け座を複数形成し、該突起部からほぼ36°／(4m) 角度の位置に複数の基準孔を穿設

して前記略円形鋼板を形成する第1の工程と、前記略円形鋼板を複数枚重ね合わせて、前記中央孔により前記第1の孔を設けると共に、前記基準孔により第2の孔を設ける前記円筒積層体を形成する第2の工程と、前記取付け座に前記磁石片を接着剤により貼付して第1、第2の円筒部材を形成する第3の工程と、前記第1の円筒部材に対して前記第2の円筒部材を反転させた状態で、前記第1及び前記第2の円筒部材における前記第2の孔とを一致させて、前記第1、第2の円筒部材の第1の孔にシャフトを圧入する第4の工程と、を備えたことを特徴とするものである。かかる同期電動機の製造方法によれば、同一形状の第1の円筒部材、第2の円筒部材を用いて、簡易に磁化中心をずらしてシャフトを圧入することができるという効果がある。

【0010】第3の発明に係る同期電動機の製造方法は、第2の発明において、第3の工程では、第2の孔に棒状部材を挿入して第1、第2の円筒部材に設けられた前記第2の孔どうしを一致させた、ことを特徴とするものである。かかる同期電動機の製造方法によれば、第2の孔に棒状部材を挿入することにより第1の円筒部材と第2の円筒部材との磁化中心を簡易にずらして回転子を製造できるという効果がある。

【0011】第4の発明に係る同期電動機の製造方法は、第2の発明において、第2の孔の代りに、凹凸部を設け、第3の工程における第1及び第2の円筒部材における第2の孔とを一致させる代りに、第1の円筒部材に設けられた凹部と第2の円筒部材に設けられた凸部とを係合させる、ことを特徴とするものである。かかる同期電動機の製造方法によれば、第2の孔の代りに、凹部と凸部とを係合させて第1の円筒部材と第2の円筒部材との磁化中心をずらしたので、棒状部材などを用いることなく、同期電動機の回転子を簡易に製造できるという効果がある。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 本発明の一実施の形態を図1及び図2によって説明する。図1は本発明の実施形態である同期電動機の回転子の斜視図、図2は、図1に示す回転子の第1、第2の円筒部材の側面図である。図1及び図2において、極対数p<sub>c</sub>から成る同期電動機は、スロットを有すると共に、スロットに挿入された集中巻のコイルにより回転磁界を形成する固定子(図示せず)と、回転子100とから成り、回転子100は、シャフト101と、シャフト101が圧入された孔110sを有すると共に、表面に磁石片150が固着された円筒部110とから成っており、円筒部110は、同一形状の第1、第2の円筒部材111、112を有し、第1の円筒部材111と、第2の円筒部材112との磁化中心を角度θ<sub>12</sub>として後述のように360°／(2m) 階段状にずらすことにより等価的にスキューが形成されている。

【0013】ここで、角度 $360^\circ / (2m)$  階段状にずらすのは以下の理由による。正弦波状のコギングトルクの最大値は、回転子の一回転中に、固定子のスロット数と2倍の極対数 $p$ との最小公倍数を $m$ とすると、 $m$ 回生じることが知られている。円筒部材111から正弦波の第1のコギングトルク $T_{c1}$ が発生し、円筒部材1

$$T_{c0} = T_{c1} + T_{c2} = A \sin \theta + A \sin (\theta + 180^\circ) = 0 \dots \quad (7)$$

このようにするには、第1のコギングトルク $T_{c1}$ から位相が $180^\circ$ ずれた第2のコギングトルク $T_{c2}$ を発生させるために第1の円筒部材111と、第2の円筒部材112との磁化中心を $360^\circ / (2m)$  階段状にずらして構成されている。具体的には、固定子が12スロット、8極であれば、この最小公倍数 $m$ は、24であるので、磁化中心のずれ角度 $\theta_{ss}$ は、 $\theta_{ss} = 360^\circ / (2 \times 24) = 7.5^\circ$ となるように形成される。これに対して、従来技術によれば、必要なスロット数 $n_s$ が上記(6)式より $n_s > 4 \times 4 = 16$ となり、実施形態のようにコギングトルクが抑制された同期電動機の製作は困難である。したがって、従来技術では、コギングトルクが抑制できないスロット数と極対数の組合せでも、本実施の形態による同期電動機のように、第1、第2の円筒部材111、112の磁化中心を角度 $\theta_{ss}$ ずらすことによりコギングトルクを抑制できるものである。以下に第1、第2の円筒部材111、112の詳細な構成を説明する。

【0014】第1、第2の円筒部材111、112は、円筒状で、中央に中央孔131sを有する薄い多数の略円形鋼板131を重ね合わせて円筒積層体140と、円筒積層体140の中央に穿設された第1の孔111s、112sと、突起部111t、112t間に形成された凹形状の複数の取付け座111u、112uと、突起部111t、112tの中心から角度 $\theta_{ss}/2$ の位置に穿設された二つの第2の孔としての位置決め用孔111e、112eと、取付け座111u、112uに接着剤203で固着される永久磁石片150とから成っている。

【0015】第1の円筒部材111は、第1の円筒部材112の平面部に対して第2の円筒部材112の平面部(側面部)を反転させた状態で、第1の円筒部材112の位置決め孔111eと第2の円筒部材112の位置決め用孔111e、112eとを一致させて突起部111t、112tの中心から $\theta_{ss}$ 角度に磁化中心がずれるようにならかに形成されている。

【0016】上記のように構成された同期電動機の回転子の製造方法を図3乃至図5によって説明する。まず、巻回されたロール状の鋼板130を切断手段としての上型251と下型253との間に所定間隔毎に送り、上型251を下降して、中央にシャフト101とほぼ同一径の中央孔131sを穿設(A段階)し、上型251を上昇して元の位置に復帰後、鋼板130を所定量右側に送

り、12から第1のコギングトルク $T_{c1}$ より位相を $180^\circ$ ずらした正弦波の第2のコギングトルク $T_{c2}$ を発生させることにより第1のコギングトルク $T_{c1}$ と第2のコギングトルク $T_{c2}$ との和により全体のコギングトルク $T_{c0}$ を発生しないようにしたもので、これを式で示せば下式となる。

$$T_{c0} = T_{c1} + T_{c2} = A \sin \theta + A \sin (\theta + 180^\circ) = 0 \dots \quad (7)$$

り、上型251を下降して、二つの基準孔131eを穿設(B段階)し、上型251を上昇して元の位置に復帰後、鋼板130を所定量右側に送り、上型251を下降して、回転子用鋼板131どうしの重ね合わせに用いる複数の凹凸部131dを形成(C段階)し、上型251を上昇して元の位置に復帰後、鋼板130を所定量右側に送り、上型251を下降して、突起部131tを有する鋼板130を打ち抜いて(D段階)、図3(b)に示すように突起部131tの幅の中心どうしを結ぶ線と、位置決め用孔131eどうしを結ぶ線との角度を $\theta_{ss}/2$ に形成された略円形鋼板131を得る(第1の工程)。

【0017】収納部253eに略円形鋼板131を積み重ねて積層された積層ブロックをシリンダー260により収納部253eから取り出し、該積層ブロックの天面と底面とをプレス機(図示せず)によりプレスし、略円形鋼板131に設けられた凹凸部131dを互いに係合することにより第1の孔111s(112s)、位置決め用孔111e(112e)を有する略円筒状の円筒積層体140を形成する(第2の工程)。

【0018】次に、図4に示すように円筒積層体140の中央孔140sにチャック270の爪270aを挿入し、テープ状の接着剤203が塗布された磁石片150を略L形状のパレット201の平面に二つ並べて、パレット201に矢印Aのように移動して、磁石片150を円筒積層体140の凹形状の取付け座140uに貼付した後、次の磁石片150を円筒積層体140の取付け座140uに貼付するためにチャック270を所定角度回転し、パレット201に矢印Bのように移動する。再び、接着剤203を表面に貼付した磁石片150を略L形状のパレット201に並べて、矢印Aのようにパレット201を移動して上記のように磁石片150を円筒積層体140の取付け座140uに貼付される。このような工程を繰り返すことにより磁石片150を有する第1、第2の円筒部材111、112ができる(第3の工程)。

【0019】図5に示すように第1の円筒部材111を第2の円筒部材111に対して反転させた状態で、第1の円筒部材111の位置決め用孔111eと第2の円筒部材112の位置決め孔112eとを一致させてから、位置決め用孔111e、112eに棒状部材としての位置決め用ピン301を挿入する。次に、シャフト101の鍔部101tが第1の円筒部材111の側面に押圧する

までシャフト101を孔101s(111s, 112s)に圧入した後、位置決め用ピン301を位置決め用孔111e, 112eから引き抜くことにより第1の円筒部材111と第2の円筒部材112との磁化中心が角度 $\theta_{sa}$ ずれた回転子100が完成する(第4の工程)。

【0020】上記のような同期電動機の製造方法によれば、同一の円筒部材111, 112を二つ用い、その一つを反転させて、位置決め孔111e, 112eに一致させることにより第1の円筒部材111と第2の円筒部材112との磁化中心を角度 $\theta_{sa}$ 階段状にずらした回転子100ができる。

【0021】上記実施の形態によれば、全体のコギングトルクを理論上ゼロになるようにしたが、一般に、コギントルクは、スキーが存在しない同期電動機では、定格トルクの2%程度発生し、このコギングトルクを定格トルクの0.5%に抑制すれば、経験的にトルク変動などが許容される。コギングトルクを $0.5/2=0.25$ に抑制するには、スキー角度で $6.3(^{\circ}) \sim 8.7(^{\circ})$ までの範囲となる。したがって、コギングトルクが $1/4$ に抑えるようにスキー角度 $\theta_{sa}$ を、ほぼ $360^{\circ}/(2m)$ ずらしても良い。

【0022】また、上記実施の形態では、位置決め用孔

111e, 112eを用いて、第1の円筒部材111と第2の円筒部材112との磁化中心を所定の角度ずらすようにしたが、位置決め用孔111e, 112eの代りに、凹凸部131dを位置決め用孔111e, 112eと同一の位置に設けておいて、この凹凸部131dの凹部と凸部とを係合させても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明における同期電動機の回転子の斜視図である。

【図2】 図1に示す回転子の円筒部の側面図である。

【図3】 図1に示す回転子を成す円筒積層体の製造工程図である。

【図4】 図1に示す回転子を成す円筒積層体の取付け座に永久磁石片を貼付する工程図である。

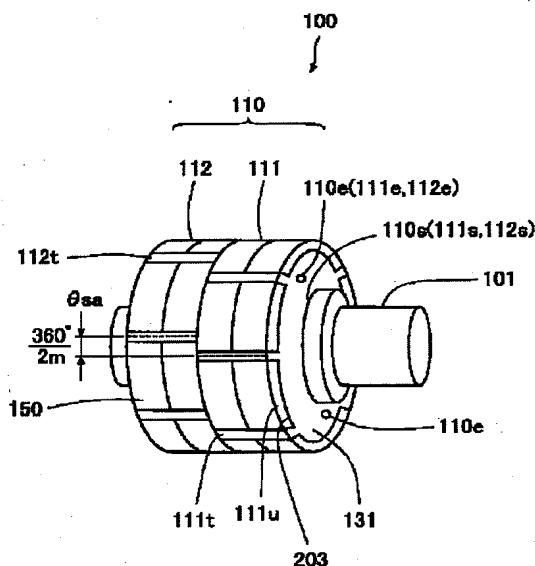
【図5】 図1に示す第1の円筒部材と第2の円筒部材との組立てを示す工程図である。

【図6】 従来の永久磁石型の同期電動機回転子の斜視図である。

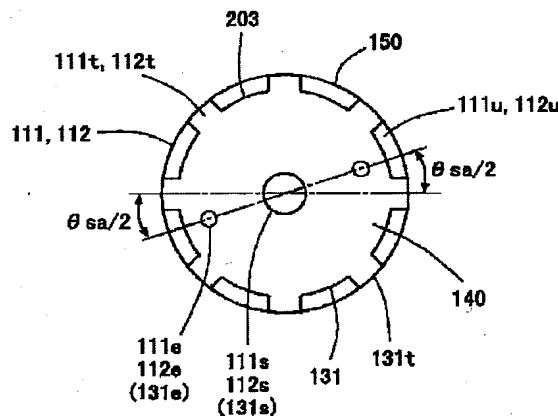
#### 【符号の説明】

100 回転子、101 シャフト、111 第1の円筒部材、112 第2の円筒部材、111e, 112e 位置決め用孔、111t, 112t 突起部、131 略円形鋼板、140 円筒積層体、150 磁石片。

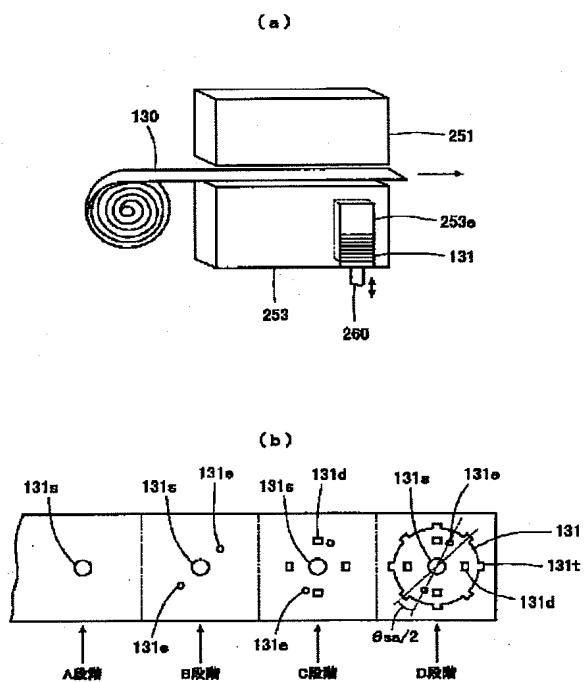
【図1】



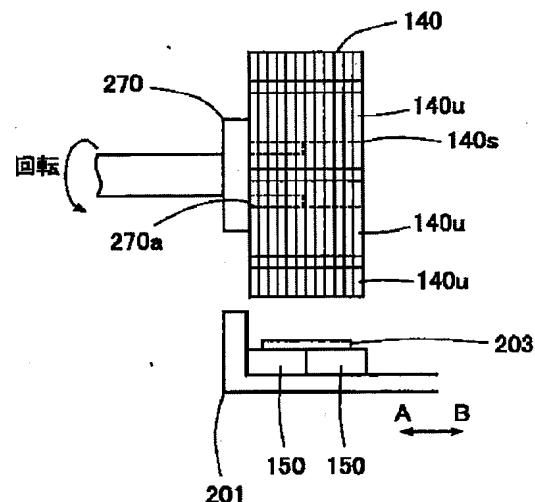
【図2】



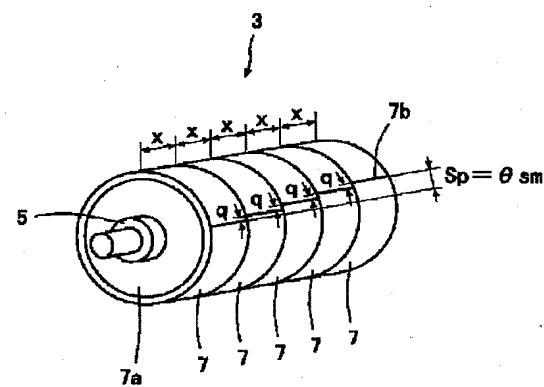
【図3】



【図4】



【図6】



【図5】

